

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРНОГО ИНТЕРВАЛА ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ ДЛЯ СТАЛЕЙ СУПЕРМАРТЕНСИТНОГО КЛАССА

Лобанова Л. А., Лобанов М. Л.

Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

lobanova231097@mail.ru, m.l.lobanov@urfu.ru

Аннотация. В работе описана проблема образования дефекта «полосчатости микроструктуры» в низкоуглеродистых сталях супермартенситного класса. Предложены варианты снижения вероятности образования данного дефекта. Для этого проведены термодинамические расчёты с целью подбора оптимального химического состава и температурного интервала горячей деформации.

Ключевые слова: низкоуглеродистая сталь, ликвация, полосчатость структуры, термодинамические расчеты, химический состав, горячая прокатка.

DETERMINATION OF THE OPTIMUM CHEMICAL COMPOSITION AND TEMPERATURE INTERVAL OF HOT DEFORMATION FOR STEELS OF SUPERMARTENSITY CLASS

Lobanova L. A., Lobanov M. L.

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,

Ekaterinburg, Russia

Abstract. The formation problem of the “banded microstructure” defect in low-carbon steels of the supermartensitic class was described. Options for reducing the likelihood of this defect are proposed. For this, thermodynamic calculations were carried out in order to select the optimal chemical composition and temperature range of hot deformation.

Key words: low carbon steel, segregation, banding structure, thermodynamic calculations, chemical composition, hot rolling.

Освоение нефте- и газовых месторождений в прибрежных зонах и открытом море, предполагает использование труб из высокохромистых

коррозионностойких сталей типа «13Cr» и «супер-хром» [1-3]. Высокое легирование данного класса материалов обеспечивает в изделии при деформации и термических обработках дисперсную, мартенситную, структуру, упрочненную карбидными фазами, с уникальным комплексом химических и механических свойств [4-7]. К сталям супермартенситного класса, относится исследуемая марка 10X13H3MФБ. Такие стали, должны соответствовать ряду параметров, в число которых входит балл полосчатости микроструктуры. Указанный параметр характеризует дефект: «полосчатость микроструктуры» [8]. Полосчатость структуры является дефектом, представляющим собой разделение структурных составляющих на отдельные слои (полосы), что оказывает негативное влияние на однородность механических свойств. В связи с этим, данный дефект приводит к преждевременному выходу изделий из строя и разрушениям полуфабрикатов на этапе производства. Возможной причиной появления этого дефекта является фазовая ликвация [9], которая не может быть устранена повторным нагревом. Образование фазовой ликвации происходит при кристаллизации сплава в двухфазном или многофазном состоянии, с выделением из жидкости кристаллов, отличающихся по химическому составу.

На образование полосчатой структуры может влиять и такой фактор, как температура конца горячей деформации: полосчатость горячекатаной стали может быть обусловлена окончанием прокатки в межкритическом интервале температур.

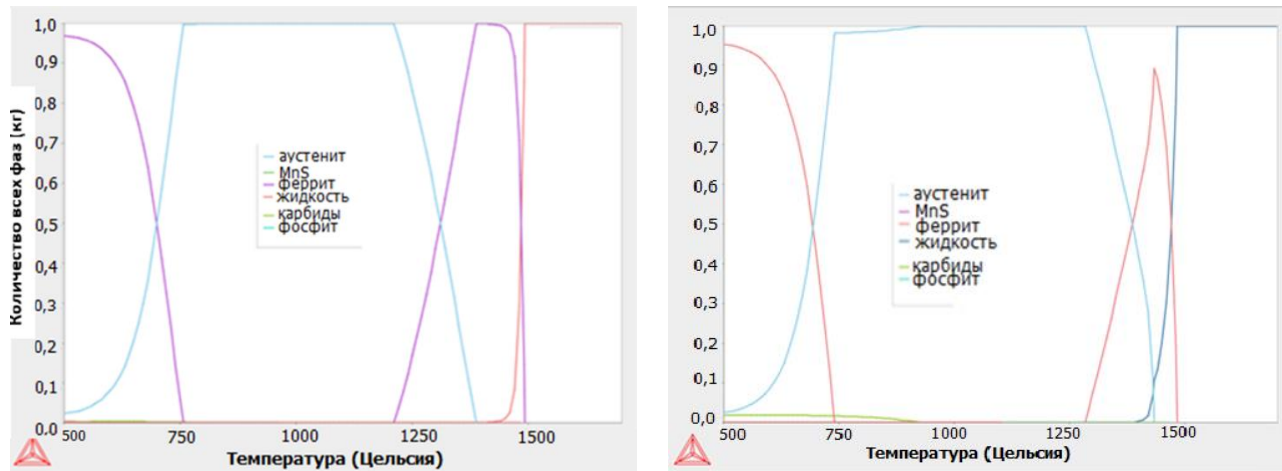
Следовательно, для получения наиболее однородной структуры конечных изделий и снижения вероятности формирования полосчатости, важно обратить внимание на фазовый состав стали при её выплавке и горячей деформации, т.е. проводить кристаллизацию и горячую прокатку стали, только в однофазных состояниях (δ -феррита и аустенита, соответственно).

Целью настоящей работы являлась оценка возможности оптимизации параметров обработки изделий из стали 10X13H3MФБ, позволяющих снизить вероятность появления в её структуре дефекта «полосчатость».

В качестве инструмента расчётов использовалось программное обеспечение Thermo – Calc. Применялись следующие функции программы: расчёт фазовых равновесий для среднего химического состава, с вариациями содержания С и Ni (рис.1, а, б). Также применялась функция: построение политермических разрезов. Построение производилось для среднего химического состава с различным содержанием Ni (рис. 2).

Расчёт фазовых равновесий позволил проследить тенденцию влияния углерода и никеля на кристаллизацию сплава в δ -фазе. После анализа

полученных результатов, предложен оптимальный химический состав выплавки, исследуемой стали.



а

б

Рисунок 1 – Результаты расчётов фазовых равновесий для сталей типа 10X13H3MFB содержащей различное количество легирующих элементов: *а* – 0,02 мас. % C, 3,0 мас. % Ni; *б* – 0,1 мас. % C, 4,0 мас. % Ni

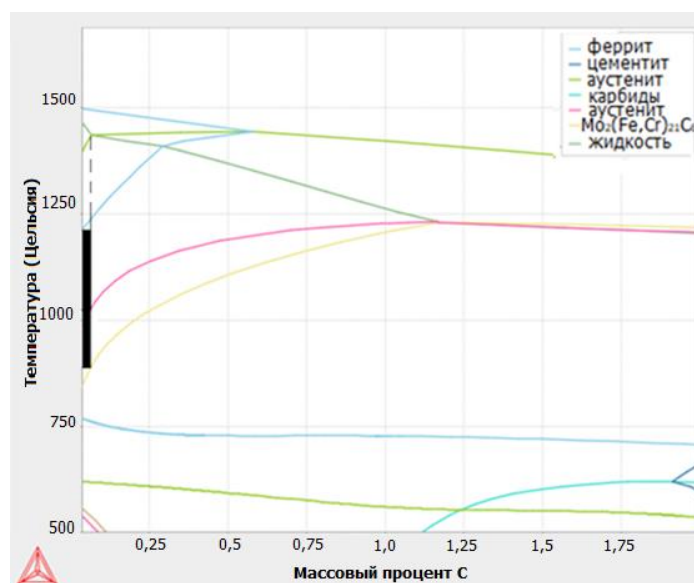


Рисунок 2 – Политермический разрез для среднего химического состава стали типа 10X13H3MFB с содержанием 0,1 мас. % C и 4,0 мас. % Ni с обозначением оптимального температурного интервала горячей прокатки

По данным построенных политермических разрезов установлены температурные интервалы горячей прокатки для среднего химического состава с различным содержанием Ni: 2, 3, 4 мас. %.

Библиографический список

1. Asahi H. Development of sour-resistant 13%Cr oil-country tubular goods with improved CO₂-corrosion resistance / Asahi H. [et al.] // Nippon Steel Technical Report. 1997. No. 1. P. 53–58
2. Gooch T. G. Heat treatment of welded 13%Cr4%Ni martensitic stainless steels for sour service / Gooch T. G. // Welding Journal. 1995. V. 74. P. 213–223.
3. Rhodes P. R. Environment-assisted cracking of corrosion-resistant alloys in oil and gas production environments: A review / P. R. Rhodes // Corrosion. 2001. V. 57. P. 923–966.
4. Lo K. H. Recent developments in stainless steels / K. H. Lo, C. H. Shek, J. K. L. Lai // Materials Science and Engineering R: Reports. 2009. V. 65. P. 39–104.
5. Однобокова М. В. Механическое поведение и хрупко-вязкий переход в высокохромистой мартенситной стали / М. В. Однобокова [и др.] // ФММ. 2016. Т. 117. № 4. С. 404–413.
6. Song Y. Y. Microstructural evolution and low temperature impact toughness of a Fe-13%Cr-4%Ni-Mo martensitic stainless steel / Y. Y. Song [et al.] // Materials Science and Engineering A. 2010. V. 527. P. 614–618.
7. Akhmed'yanov A. M. Hot deformation of martensitic and supermartensitic stainless steels / A. M. Akhmed'yanov, S. V. Rushchits, M. A. Smirnov // Trans Tech Publications. 2016. V. 870. P. 259–264.
8. ГОСТ Р 54570-2011. Сталь. Методы оценки степени полосчатости или ориентации микроструктур. 32 с.
9. Исследование сталей класса «супер-хром», предназначенных для изготовления коррозионностойких высокопрочных труб нефтяного сортамента / И. Ю. Пышминцев [и др.] / Трубы–2009.: Международная научно–техническая конф. Челябинск. 2009. С. 64 – 66.